

0-794041

На правах рукописи



МАТВЕЕВА Карина Владимировна

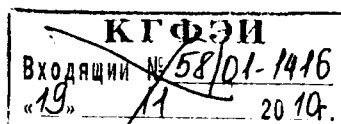
**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ
ИННОВАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ**

**Специальность: 08.00.05 – Экономика и управление народным
хозяйством (стандартизация и управление
качеством продукции)**

Автореферат

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук**

Иркутск – 2010



Работа выполнена, обсуждена и рекомендована к защите на кафедре
Управления качеством и механики в Государственном образовательном учреж-
дении высшего профессионального образования «Национальный исследова-
тельский Иркутский государственный технический университет»

Научный руководитель: кандидат экономических наук, профессор
Берегова Галина Михайловна

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Жичкин Александр Михайлович;

кандидат экономических наук, доцент
Солодков Михаил Викторович

Ведущая организация: ОАО «ИркутскНИИхиммаш»

Защита состоится «14» декабря 2010 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.073.08 в Иркутском государственном техническом университете по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, корпус «К», конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке НИУ ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», а с авторефератом – на официальном сайте университета www.istu.edu.

Отзывы на автореферат отправлять по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, ученому секретарю диссертационного совета ДМ 212.073.08.

Автореферат разослан «12» ноября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат экономических наук,
профессор



0000715249

Берегова Г.М.

Актуальность темы исследования

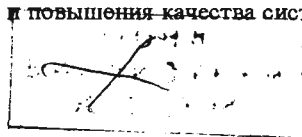
Проблемы научно-технического прогресса, требования модернизации экономики определяют задачу управления и обеспечения качества как одну из актуальных. Управление качеством представляет собой род хозяйственной деятельности, цель которой – при минимальных затратах добиться значительного, но вместе с тем экономически целесообразного качества изделия или услуг. Именно научно-технический прогресс служит основой интенсификации общественного производства, а значительному повышению качества продукции отводится роль важнейшего фактора в процессе инноваций в различных отраслях экономики.

Инновации в производстве товаров и услуг представляют собой деятельность, или процесс, с помощью которого результаты научно-исследовательской работы внедряются, распространяются в продукты и услуги на рынке; при этом, научный результат или технологическая разработка реализуются с получением инвестиционного, или коммерческого эффекта. Результаты процесса инноваций приносят выгоду не только в виде возврата инвестиций в научно-исследовательскую работу, но и обеспечивают увеличение объема производимой продукции и услуг, повышения их качества и снижения цены. Именно инновации, являясь главной движущей силой развития, совершенствования производства, модернизации экономики, создание новых и модернизацию существующих секторов промышленности. Улучшение качества товаров и услуг, совершенствование систем менеджмента качества – это применение методов инноваций для решения задач развития и управления качеством.

Актуальность формулирования, определения, исследования связи и единства проблем совершенствования и управления качеством, а также принципов и алгоритмов инновационного обеспечения однозначно определяется требованиями семейства стандартов ИСО 9000, одним из основных положений которых является формирование стратегического бизнес-плана, видения, миссии и политики в области качества, ориентированных на удовлетворение потребителя и обеспечение конкурентоспособности предприятия. Очевидно, что проблемы совершенствования качества, внедрение в этих целях принципов и методов инноваций важны и актуальны; и должны быть направлены на развитие инновационной активности предприятия и обеспечение эффективного осуществления систематического, целенаправленного планирования, разработки, внедрения и использования методов, принципов и алгоритмов инновационного обеспечения совершенствования и управления качеством. Вышесказанное подтверждает актуальность заявленной темы диссертационной работы.

Степень разработанности проблемы

В настоящее время вопросы совершенствования систем менеджмента качества, применение в этих целях наиболее приемлемых, передовых методов, средств и аппарата исследования нашли свое отражение в ряде научных трудов отечественных и зарубежных исследователей. Наиболее изученными специалистами считаются вопросы совершенствования и повышения качества систем, разви-



тия подходов к управлению качеством, которые рассматривались в работах русских ученых П.Л. Чебышева и А.М. Ляпунова, В.Н. Азарова, А.М. Длин, В.В. Бойцова, американских ученых У.А. Шухарта, Э. Деминга, А. Фейгенбаума, Дж. Харрингтона. Ряд методов и алгоритмов совершенствования систем менеджмента качества, обеспечения его управления рассмотрены в работах А.А. Фролова, И.П. Муравьева, Д.А. Поспелова, D.B. Fogel, D.E. Goldberg, Z. Michalewicz, R. Shonkwiler, K.R. Miller, D. Whitley, J.D. Schaffer, L. Whitley, J. Eshelman. В настоящее время данные проблемы являются объектом пристального внимания международных организаций и предприятий. В российской науке методы инновационного обеспечения, математического программирования для обеспечения управления и совершенствования качества рассмотрены в работах А.В. Аттекова, Галкина С.В., Зарубина В.С., Корбута А.А., Финкельштейна Ю.Ю., В.В. Лесина, Ю.П. Лисовеца, В.Г. Карманова, В.Г. Азарова, И.А. Лондиха, Л.Е. Басовского, В.Б. Протасьева.

При этом, по состоянию на сегодняшний день, отсутствует целостное представление о разработке и применении методов и алгоритмов инновационного обеспечения управления качеством. Большинство исследований, результаты которых представлены в публикациях, описывают отдельные элементы связи инноваций и совершенствования качества, основаны на фрагментальном сопоставлении требований стандартов систем менеджмента качества и принципов инноваций, либо без учета такого сопоставления, что накладывает определенные ограничения на использование данных исследований.

Актуальность и недостаточная изученность вопроса разработки методов и алгоритмов инновационного обеспечения управления качеством обусловили выбор темы диссертационной работы, определили цель, задачи и поисковый характер исследования.

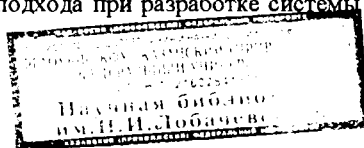
Целью работы является разработка методов и алгоритмов инновационного обеспечения совершенствования и управления качеством в целях реализации основных принципов системы менеджмента качества, совершенствования и модернизации предприятий, ориентации на потребителя и обеспечения его конкурентоспособности.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- Определены основные условия и параметры разработки методов и алгоритмов инновационного обеспечения совершенствования систем менеджмента, позволяющих выполнить анализ политики и целей организации на основании критериев и требований стандарта ИСО 9001:2008.

- Решены задачи математического прогнозирования состояния и инновационного обеспечения систем менеджмента качества, в том числе, трендового прогнозирования параметров процессов как применение статистических инструментов качества. Предложены аналитические методы прогнозирования работоспособности и надежности элементов системы менеджмента качества.

- Разработаны модификации классического генетического алгоритма для решения задач оптимизации процессного подхода при разработке системы ме-



неджмента качества. Генетические алгоритмы применены как процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования.

- Разработаны и применены методы математического программирования в задачах инновационного обеспечения совершенствования систем менеджмента качества, в том числе, в задачах нелинейного программирования и многокритериальной оптимизации.

- Рассмотрены методы мониторинга состояния систем менеджмента качества, позволяющие снижать потери продукции; повышать производительность, эффективность, надежность, экологическую безопасность. Предложены экспертные системы. Одним из путей развития экспертных систем без участия человека является применение нейронных сетей.

Объектом исследования являются предприятия и организации, решающие задачу разработки, внедрения и совершенствования систем менеджмента качества, а также реализующие инновационный подход в системах менеджмента.

Предметом исследования являются инновационные методы и алгоритмы, используемые для обеспечения управления качеством; подходы и математические модели для обеспечения надежности и совершенствования систем менеджмента, основанные на реализации эволюционных алгоритмов в задачах управления и оптимизации систем качества.

Область исследования. Тема диссертации соответствует паспорту номенклатуры специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (стандартизация и управление качеством продукции): п. 13.22 – теоретические и методологические основы инновационного обеспечения управления качеством на предприятии.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

- Сформулированы, обоснованы и классифицированы основные критерии, условия и параметры разработки методов и алгоритмов инновационного обеспечения качеством различных систем.

- Предложены методы и алгоритмы расчетов, позволяющих решить задачу бизнес-планирования и формирования политики предприятий и организаций на основании критериев и требований стандарта ИСО 9001:2008.

- Предложены аналитические методы прогнозирования надежности элементов системы менеджмента качества; решена задача трендового прогнозирования параметров процессов как применение статистических инструментов качества.

- Разработан адаптированный подход и методы анализа модификации генетического алгоритма для решения задач оптимизации процессного подхода систем менеджмента. Применены генетические алгоритмы, как процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования.

- Предложено прогнозирование параметров качества машин, оборудования и систем с использованием нейросетей. В качестве одного из путей развития экспертных систем предложено применение нейронных сетей. Построены сетевые алгоритмы классификации объектов управления на основе итерацион-

ного метода. Предложен граф вычисления сложной функции, задаваемой с помощью суперпозиции некоторого набора «простых».

- Разработаны и решены методы и задачи математического программирования в случае инновационного обеспечения систем менеджмента качества, в том числе, в задачах нелинейного программирования и многокритериальной оптимизации и применения эволюционного программирования.

Методы исследования, достоверность и обоснованность. Формирование теоретических положений и разработка на их основе методологических основ; применения методов инноваций для решения задач развития и управления качеством стали возможными благодаря системному подходу при использовании методов анализа и синтеза систем менеджмента, методов реинжиниринга, применения статистических инструментов менеджмента, экономического и финансового анализа, методов и принципов решения оптимизационных задач, обращению к методам нелинейного и многокритериального программирования, методов статистического, сравнительного анализа; процессного и системного подходов. Достоверность и обоснованность применяемых методов подтверждается их широким использованием в самых различных прикладных исследованиях, а также в производственной практике при разработке, внедрении и сертификации систем менеджмента качества.

Практическая значимость результатов проведенного исследования заключается в возможности использования разработанной модели исследования, анализа и синтеза систем менеджмента качества, применения предложенной совокупности теоретических положений, методов решений проблем управления качеством в различных системах менеджмента, применения разработанных алгоритмов инновационного обеспечения управления качеством, которые могут быть применены в различных организациях при совершенствовании управления, создания и улучшения систем менеджмента качества.

Апробация и внедрение результатов работы. Основные научные положения и результаты исследования были представлены на научно-практических конференциях: Международный симпозиум «Качество, инновации, образование и CALS-технологии», Хорватия (2005); III Международная конференция «Проблемы механики современных машин», Улан-Удэ (2006), VI Международная научно-практическая конференция «Проблемы качества машин и конкурентоспособности», Брянск (2008), IV Международная конференция «Проблемы механики современных машин», Улан-Удэ (2009).

Результаты и выводы, полученные в диссертационной работе, внедрены ОАО «Саянскхимпласт», ЗАО «ИРМЕТ» (дочерняя компания ОАО «Иркутск-энерго»), ООО «Завод цветных металлов и материалов «ДУНГАН ДАЦЗИ»» Китай (акты о внедрении).

Основные результаты диссертационной работы доложены, обсуждены и получили положительную оценку на расширенном заседании кафедры управления качеством и кафедр факультета бизнеса и управления Иркутского государственного технического университета (7 сентября 2010 г.).

Результаты диссертационной работы использовались при разработке курсов «Основы обеспечения качеством», «Проблемы качества и технология ин-

жиниринга», «Аудит и сертификация», читаемых в ГОУ ВПО Национальном исследовательском Иркутском Государственном Техническом Университете (справка о внедрении).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертационной работы автором опубликовано 8 научных работ общим объемом 39,2 п.л., из них 4 в научных журналах из списка, рекомендованного ВАК, 3 монографии в соавторстве, общий авторский вклад 19,4 п.л.

Объем и структура работы. Диссертация включает введение, три главы, заключение, библиографический список, включающий 101 наименование работ отечественных и зарубежных авторов, приложения. Общий объем диссертации 178 страниц, работа содержит 38 рисунков и 21 таблицу.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации обоснована актуальность темы исследования, поставлены цель и задачи диссертационной работы, определены объект и предмет исследования, теоретические и методологические основы, определена научная новизна, практическая значимость работы, представлена информация об апробации и внедрении результатов работы.

В первой главе «Аналитические методы прогнозирования надежности элементов системы менеджмента качества» дается обоснование необходимости разработки модели, представленной аналитическими выражениями показателей вероятности. Предложен подход выбора закона распределения случайной величины при условии соответствия его заданному критерию качества. Приводятся результаты классификации критериев и целей разрабатываемой системы менеджмента качества при решении задачи стратегического планирования, разработки видения, миссии и политики в области качества и результаты трендового прогнозирования параметров процессов как инструмента управления качеством. Дается анализ применения критериев модели делового совершенства для определения критериев качества.

Во второй главе «Инновационное обеспечение качества при использовании методов мониторинга, экспертных оценок и нейронных сетей» рассмотрены методы мониторинга состояния систем менеджмента качества, позволяющие снижать потери продукции, повышать производительность, эффективность. Проанализированы экспертные системы. Одним из путей развития экспертных систем является применение нейронных сетей. Предложены базовые задачи для нейронных сетей и основные методы настройки сетей для их решения. Рассмотрены методы формирования нейронных сетей как решение задачи оптимизации.

В третьей главе «Современные алгоритмы оптимизации в задачах управления качеством» изучены генетические алгоритмы и традиционные методы оптимизации. Для повышения эффективности работы основного алгоритма, предложены несколько его модификаций, связанных с преобразованием функции приспособленности путем ее масштабирования. Разработана схема решения в случае многокритериальной оптимизации и методов нелинейного

программирования. Приведены примеры оптимизации функции с помощью программы Flex Tool. Предложены методы оптимизации, сформулированные на основе использования подходов математического программирования.

В заключении излагаются основные научные результаты, полученные автором в ходе диссертационного исследования.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Предложены аналитические методы прогнозирования надежности элементов системы менеджмента качества. Для решения задач оценки надежности и прогнозированию надежности элементов системы менеджмента качества решена задача формирования математической модели, которая представлена аналитическими выражениями одного из показателей: вероятность безотказной работы $P(t)$ или плотность распределения отказов $f(t)$ или интенсивность отказов $\lambda(t)$. Основное направление для получения модели установим в вычислении статистических оценок и их аппроксимации аналитическими функциями. Вид аналитической функции, описывающей изменение показателей надежности $P(t)$, $f(t)$ или $\lambda(t)$, определяет закон распределения случайной величины, который выбирается в зависимости от свойств объекта, условий работы и характера отказов.

По результатам испытаний N невосстанавливаемых одинаковых объектов получена статистическая выборка – массив наработки до отказа каждого из N испытывавшихся объектов. Выборка характеризует случайную величину наработки до отказа объекта $T = \{t\}$. Для реализации аналитических методов выбраны закон распределения случайной величины T и проверена правильность выбора по соответствующему критерию. Для расчета статистических оценок числовых характеристик мы воспользовались данными сформированного статистического ряда. Было принято целесообразным рассчитать оценки вспомогательных характеристик рассеивания случайной величины T . Эти характеристики использованы для выбора аппроксимирующей функции. Выбор закона распределения состоит в подборе аналитической функции наилучшим образом аппроксимирующей эмпирические функции надежности. Так, нормальное распределение или распределение Гаусса является наиболее универсальным, удобным и широко применяемым.

Установлено, что наработка подчинена нормальному распределению, если плотность распределения отказов (ПРО) описывается выражением:

$$f(t) = \frac{1}{b\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(t-a)^2}{2b^2}\right\}, \quad (1)$$

где a и b – параметры распределения, соответственно, МО и СКО, которые по результатам испытаний принимаются: $a \approx T_0$, $b^2 \approx D$, где T_0 , D – оценки средней наработки и дисперсии. Графики изменения показателей безотказности при нормальном распределении приведены на рис. 1.

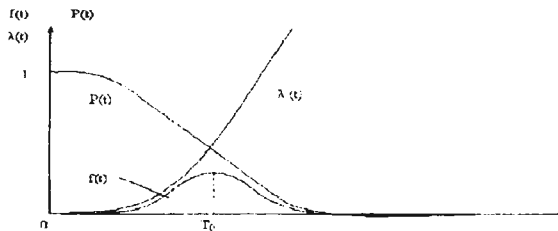


Рис. 1. Изменения показателей безотказности при нормальном распределении

Из графика $f(t)$ видно, что T_0 является центром симметрии распределения, поскольку при изменении знака разности $(t - T_0)$ выражение (1) не меняется. При $t = T_0$ ПРО достигает своего максимума

$$f(t)_{\max} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \quad |t = T_0|$$

При логарифмическом распределении нормально распределенным является логарифм ($lg t$) случайной величины T , а не сама эта величина. Логарифмически нормальное распределение во многом более точно, чем нормальное описывает наработку до отказа тех объектов, у которых отказ возникает вследствие усталости, например, подшипников качения, электронных ламп и прочее. Если величина $lg t$ имеет нормальное распределение с параметрами: МО U и СКО V , то величина T считается логарифмически нормально распределенной с ПРО, описываемой:

$$D = D\{t\} = \int_0^{\infty} (t - T_0)^2 f(t) dt = 1 / X^2 \quad (2)$$

Показатели надежности рассчитаны по приведенным выше выражениям, пользуясь табулированными функциями $f(x)$ и, соответственно, $F(x)$ и $\Phi(x)$ для нормального распределения. Графики изменения показателей надежности при логарифмически нормальном распределении приведены на рис. 2. Числовые характеристики наработки до отказа получены в виде:

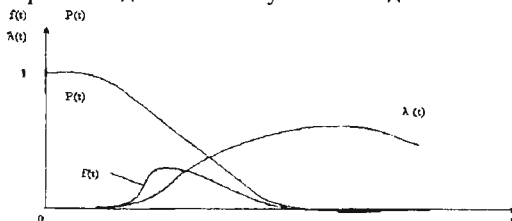


Рис. 2. Изменения показателей надежности при логарифмически нормальном распределении

2. Предложено прогнозирование параметров качества систем при использовании методов мониторинга, экспертных оценок и нейронных сетей. Цель обеспечения конкурентоспособности может быть достигнута путем улучшения динамических параметров машин, оборудования и систем. Вибро-

мониторинг позволяет решать задачи обеспечения эффективности работы машин и систем. Одним из путей развития экспертных систем без участия человека является обращение к нейронным сетям. Базовые задачи для нейронных сетей могут быть классифицированы как персептрон Розенблатта; ассоциативная память; решение систем линейных уравнений; восстановление пробелов в данных – сети Хопфилда; кластер-анализ и классификация сетей Кохонена.

В работе показано, что прогнозирование поведения системы (машины) в части сохранения предписанных выходных параметров, или показателей качества является одной из ключевых задач. В рамках данной работы рассмотрено прогнозирование уровня вибрации узлов машин, поскольку этот параметр является индикатором технического состояния машины (регламентируемый техническими условиями на данный агрегат). Задача прогнозирования с использованием НС (нейронных сетей) сводится к задаче аппроксимации многомерных функций, т.е. к задаче построения многомерного отображения. В зависимости от типа выходных переменных, аппроксимация функций может принимать вид классификации или регрессии. В задаче прогнозирования вибросигнала (среднеквадратического значения виброскорости или виброускорения) были выделены две крупные подзадачи: построение модели и обучение нейронных сетей, реализующих решение задачи. Разработана модель прогнозирования, ключевыми составляющими которой являются: набор входных переменных; метод формирования входных признаков x ; метод формирования обучающего правила y ; архитектура нейросети; метод обучения нейросети.

Для решения задачи прогнозирования была найдена такая нейронная сеть или комитет нейроэкспертов, который бы наилучшим образом строил отображение $F: x \Rightarrow y$, обобщающее сформированный на основе динамики вибросигнала набор примеров $\{x_i, y_i\}$. Поиск такой нейронной сети или комитета нейроэкспертов был выполнен при помощи алгоритмов «обучения». Нейронные сети применяем для одномерного и многомерного анализа, должным образом сформировав множество независимых входов и зависящих от них выходов. Модель строится для того, чтобы предсказывать значения временного ряда для одной целевой переменной, однако модель может предсказывать значения и нескольких переменных. Типичная последовательность действий при решении задачи прогнозирования вибросигнала с помощью нейронных сетей показана на рис. 3.

В данной работе решена задача прогнозирования среднеквадратических значений (СКЗ) вибросигнала в ходе вибродиагностики. Таким образом, в качестве входной информации используется динамика среднеквадратических замеров виброскорости. Для анализа «качества» прогноза построим точечную диаграмму результатов теста комитета нейросетей на замерах СКЗ, выполненных на одном из подшипниковых узлов насоса WASA S-4. По оси абсцисс – «ожидаемые» значения, а по оси ординат – соответствующие значения, рассчитанные нейросетью. Синими точками на рис. 4 показаны результаты прогнозирования, красными цветом отмечена ситуация, возникающая в случае 100 % совпадения ожидаемых и фактических выходных значений.

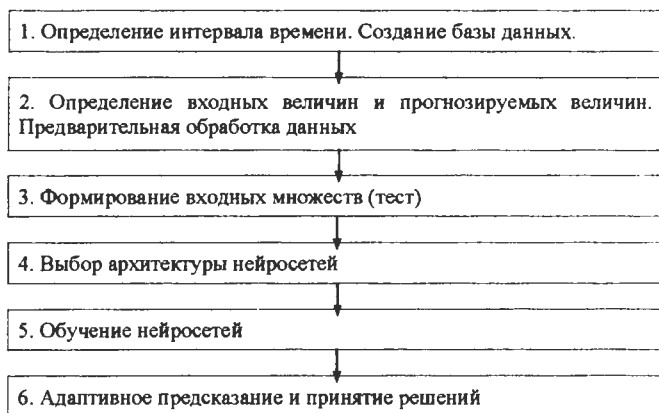


Рис. 3. Блок-схема технологического цикла предсказаний на основе нейросетей

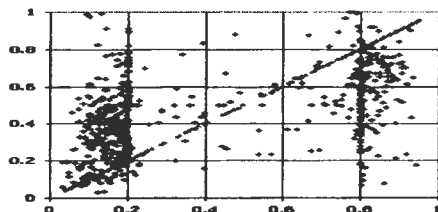


Рис. 4. Диаграмма, отражающая качество прогнозирования

3. Построены сетевые алгоритмы классификации объектов управления на основе итерационного метода. Сетевые алгоритмы классификации строятся на основе итерационного метода динамических ядер. Опишем его сначала в наиболее общей абстрактной форме. Пусть задана выборка предобработанных векторов данных $\{x^p\}$. Пространство векторов данных обозначим E . Каждому классу соответствует некоторое ядро a . Пространство ядер будем обозначать A . Для каждого $x \in E$ и $a \in A$ определяется мера близости $d(x, a)$. Для каждого набора из k ядер a_1, \dots, a_k и любого разбиения $\{x^p\}$ на k классов $\{x^p\} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$ определим критерий качества:

$$D = D(a_1, a_2, \dots, a_k, P_1, P_2, \dots, P_k) = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in P_i} d(x, a_i). \quad (3)$$

Требуется найти набор a_1, \dots, a_k и разбиение $\{x^p\} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$, минимизирующие D . Шаг алгоритма разбивается на два этапа:

1-й этап – для фиксированного набора ядер a_1, \dots, a_k ищем минимизирующее критерий качества D разбиение $\{x^p\} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$; оно дается решающим правилом: $x \in P_i$, если $d(x, a_i) < d(x, a_j)$ при $i \neq j$, в том случае, когда для x минимум $d(x, a)$ достигается при нескольких значениях i , выбор между ними может быть сделан произвольно;

2-й этап – для каждого P_i ($i=1...k$), полученного на первом этапе, ищется $a_i \in A$, минимизирующее критерий качества (т.е. слагаемое в D для данного i – $D_i = \sum_{x \in P_i} d(x, a_i)$).

На каждом шаге и этапе алгоритма уменьшается критерий качества D , отсюда следует сходимость алгоритма – после конечного числа шагов разбиение $\{x^p\} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$ уже не меняется. В описанных простейших случаях, когда ядро класса точно определяется как среднее арифметическое элементов класса, а решающее правило основано на сравнении выходных сигналов линейных адаптивных сумматоров, нейронную сеть, реализующую метод динамических ядер, называемых сетью Кохонена.

4. Предложен граф вычисления сложной функции, задаваемой с помощью суперпозиции заданного набора «простых» функций. В работе применены элементы теории графов для исследования динамического качества объектов, машин и систем. Графы вычислений (с заданной интерпретацией функциональных символов), в которых присутствуют только вершины двух сортов: квазилинейные или с одной входной связью (соответствующие простым функциям одного переменного) играют особую роль. Будем называть их существенно квазилинейными. Для функций, вычисляемых с помощью таких графов, затраты на вычисление вектора градиента примерно вдвое больше, чем затраты на вычисление значения функции. При этом число связей и отношение E/V могут быть сколь угодно большими. Это достоинство делает использование существенно квазилинейных графов весьма притягательным во всех задачах оптимизации. Их частным случаем являются нейронные сети, для которых роль квазилинейных вершин играют адаптивные линейные сумматоры.

В определенном смысле квазилинейные функции вида

$$f(z_1, \dots, z_n) = \sum_{i \in P_1} z_i + \sum_{j \in P_2, k \in P_3} z_j z_k \quad (4)$$

вычисляются линейными сумматорами с весами 1 и z_j ($j \in P_2$) и аргументами z_i ($i \in P_1$) и z_k ($k \in P_3$), только веса не обязательно являются константами, а могут вычисляться на любом слое графа.

Переменные обратного функционирования μ появляются как вспомогательные при вычислении производных сложной функции. Переменные такого типа появляются не случайно. Они постоянно возникают в задачах оптимизации и являются множителями Лагранжа. Мы вводим μ , исходя из правил дифференцирования сложной функции. Возможен другой путь, связанный с переходом от функции Лагранжа к функции Гамильтона.

5. Разработан подход и методы анализа модификации классического генетического алгоритма для решения задач оптимизации процессного подхода и управления систем менеджмента. Применены генетические алгоритмы как процедуры поиска, основанные на механизмах отбора и наследования. Получены генетические алгоритмы для многокритериальной оптимизации. Общую постановку задач оптимизации сформулируем в виде:

Найти

$$\underset{x \in X}{\text{opt}} f(x), x \in R^n, f(x) \in R^l,$$

где x – векторный аргумент, по которому ведется оптимизация; X – область допустимых значений x ; $f(x)$ – целевая функция.

Разработка алгоритмов нелинейной оптимизации приводит к методам, основанным на квадратичной аппроксимации (метод Ньютона). Предложен метод, идентифицированный как метод генетических алгоритмов (ГА). В его основе лежит идея использовать аналоги эволюционных механизмов для поиска решения. Для работы ГА используем виртуальную популяцию, где гены каждой отдельной особи являются частным решением поставленной задачи. В ходе применения генетических операторов происходит обмен генетической информацией, и задача итерационно приближается к решению. Алгоритм прекращает работу в одном из следующих случаев: 1. найдено решение; 2. истекло установленное время работы либо число поколений; 3. популяция длительное время не прогрессирует. Следует отметить, что найденное решение может и не быть наилучшим, однако оно может быть близко к оптимальному. Отличительной особенностью ГА является то, что вычислительная сложность алгоритма мало зависит от сложности задачи. Значение имеют: вид целевой функции, количество параметров и, если имеется, область ограничений.

Основной областью применения ГА являются задачи оптимизации. Генетический алгоритм представляет собой метод, отражающий естественную эволюцию методов решения проблем, и в первую очередь задач оптимизации. Они отличаются от традиционных методов оптимизации несколькими базовыми элементами. В частности, генетические алгоритмы:

- обрабатывают не значения параметров задачи, а их закодированную форму;
- осуществляют поиск решения исходя не из единственной точки, а из некоторой популяции;
- используют только целевую функцию, а не ее производные;
- применяют вероятностные, а не детерминированные правила выбора.

Перечисленные четыре свойства, которые можно сформулировать как кодирование параметров, использование минимума информации приводят в результате к устойчивости генетических алгоритмов и к их превосходству над другими широко применяемыми технологиями.

Большинство задач, решаемых при помощи генетических алгоритмов, имеют один критерий оптимизации. В свою очередь, многокритериальная оптимизация основана на отыскании решения, одновременно оптимизирующего более чем одну функцию. В этом случае ищем некоторый компромисс, в роли которого выступает решение, оптимальное в смысле Парето. При многокритериальной оптимизации выбираем не единственную хромосому, представляющую собой закодированную форму оптимального решения в обычном смысле, а множество хромосом, оптимальных в смысле Парето. Пользователь имеет возможность выбрать оптимальное решение из этого множества. Существует несколько классических методов, относящихся к многокритериальной оптимизации.

ции, в соответствии с которым оптимизируемые функции f_i с весами w_i образуют единую функцию:

$$f(x) = \sum_{i=1}^m w_i f_i(x),$$

где $w_i \in [0, 1]$ и $\sum_{i=1}^m w_i = 1$.

Различные веса дают различные решения в смысле Парето. Большинство приложений эволюционных алгоритмов, и особенно генетических алгоритмов, касается оптимизационных задач, которые являются важнейшим элементом систем управления качеством. Модификация классического генетического алгоритма рассматривалась нами в представлении хромосом действительными числами. Одной из наиболее известных компьютерных программ, предназначенных для решения задач при помощи генетического алгоритма с действительными числами, считается программа Evolver.

6. Разработаны и решены методы и задачи математического программирования, в том числе, в задачах нелинейного программирования и многокритериальной оптимизации и применения эволюционного программирования. Для сформулированных в целях и задачах работы исследований в работе применено математическое программирование в задаче управления качеством. При этом, оптимизируем скалярную меру качества, которая зависит от переменных (целевая функция). Решение оптимизационной задачи – приемлемый набор значений переменных, которому отвечает оптимальное решение целевой функции.

Постановка задачи минимизации или максимизации не нарушает общности:

$$\min f(x) = \max -f(x),$$

где x – определяется функциями ограничения;

$$X = \{g(x) \geq 0\}, g(x) \in R^m,$$

где m – количество ограничений.

Большинство практических задач, связанных с оптимизацией качества сложных объектов, характеризуются многими критериями, причем выбрать из них один как целевую функцию, а остальные рассматривать, как ограничения не всегда удается. Трудности обусловлены противоречивостью критериев, их физическим различием, наличием случайных факторов, а также ограниченностью или отсутствием информации о структуре объекта и его функциональных внутренних взаимосвязях. Рассмотрим класс задач, в которых качество объекта оценивается некоторыми критериями $f_1(x), f_2(x) \dots f_m(x)$. Многокритериальную задачу (задачу векторной оптимизации) можно записать следующим образом:

$$\text{найти } \min f(x), f(x) \in R^m, x \in R^n, g_j(x) \geq 0, j = 1, \dots, J \quad (5)$$

При $m = 1$ – задача однокритериальная и является стандартной задачей условной оптимизации. При $m \geq 2$ поиск решений (12) усложняется, т.к. f_i

обычно противоречивы и не существует решения x^* наилучшим образом, одновременно удовлетворяющего каждому из критериев.

Пусть качество продукции характеризуется критериями $f_1(x)$ и $f_2(x)$. При максимизации критериев для $f_1^* \rightarrow c$, для $f_2^* \rightarrow d$ в диапазоне $[a, b]$. Предложенные критерии не противоречивы, однако, управляя процессом в этих пределах, нельзя добиться для f_1 и f_2 удовлетворительных результатов. Оптимальное решение следует искать в диапазоне $c \leq x \leq d$. При решении многокритериальных задач нами использован метод обобщенного критерия.

7. Решена задача трендового прогнозирования параметров процессов как применение статистических инструментов качества.

В соответствии с терминологией международного стандарта ISO 9000, процесс – совокупность взаимосвязанных ресурсов и деятельности, которая преобразует входящие элементы в выходящие. Таким образом, в простейшем виде, схематическое представление процесса имеет вид (рис. 5):

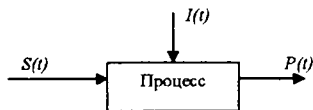


Рис. 5. Схематическое представление процесса: $S(t)$ – входные параметры процесса в момент времени t ; $I(t)$ – воздействия на процесс в момент времени t ; $P(t)$ – выходные параметры процесса в момент времени t

Выходные параметры процесса, замеренные в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n , образуют временной ряд P_1, P_2, \dots, P_n . Очевидно, что в ряде задач менеджмента представляет интерес прогноз значения выходного параметра процесса P_t в момент времени t_t на базе известных значений t_1, \dots, t_n и P_1, \dots, P_n .

Сформулированная задача прогнозирования – есть предсказание будущих значений временного ряда на основании прошлых наблюдений. Можно выделить две разновидности решаемых задач: 1. недетерминирован общий закон изменения прогнозируемого процесса; 2. общий закон изменения прогнозируемого процесса известен, однако неизвестны характеризующие его параметры.

Первый тип задач целесообразно решать при помощи трендового прогнозирования, второй – при помощи минимизации целевой функции, описывающей закон изменения процесса с использованием специальных алгоритмов. Прогнозирование позволяет на основе подобранной модели поведения временного ряда предсказывать его значения в будущем. Как уже было отмечено выше, при исследовании временного ряда видимую его изменчивость разделяют на закономерную и случайную компоненты. Закономерные изменения членов временного ряда ставят в соответствие какому-либо определенному правилу и поэтому они предсказуемы.

При анализе временных рядов используем линейную, нелинейную, либо логарифмическую модели трендов. Простейший вариант полигармонической модели временного ряда – это косинусоидальная модель:

$$x_t = a \cdot \cos(\omega \cdot t + \theta) + \varepsilon_t,$$

Здесь детерминированная составляющая представлена косинусоидальной функцией с амплитудой a , частотой ω , периодом $2\pi/\omega$ и фазой θ . Величины a , ω и θ являются константами. При долгосрочном прогнозировании для получения адекватного прогноза необходимо выполнение следующих условий: 1. временной интервал, для которого построен тренд, достаточен для определения тенденции; 2. анализируемый процесс устойчив и обладает инерционностью; 3. не ожидается сильных внешних воздействий на изучаемый процесс.

Тогда, получение прогнозных значений изучаемого процесса осуществляется путем подстановки в уравнение тренда $x_t = tr(t)$ значения независимой переменной t , соответствующей периоду упреждения τ . Получается точечная оценка прогнозируемого показателя по уравнению, описывающему тенденцию. Полученный прогноз является средней оценкой для прогнозируемого интервала времени, так как тренд характеризует некоторый средний уровень на каждый момент времени. Для того, чтобы построить тренд, необходимо, прежде всего, определить рассеяние уровней вокруг тренда. В качестве меры рассеяния принимаем дисперсия σ^2 , характеризующая отклонение физических уровней от выровненных значений \bar{x}_t :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 \quad (6)$$

Достаточно надежный прогноз получаем при относительно большом числе наблюдений, когда период упреждения не очень большой. При одном и том же n с ростом τ доверительный интервал прогноза увеличивается. Для оценки трендов временных рядов используем метод наименьших квадратов.

8. Предложены методы и алгоритмы расчетов, позволяющих решить задачу бизнес-планирования и формирования политики в области качества. Предложена классификация целей организации по критериям.

Классификация по критериям предусматривает разделение целей по их отношению к основным показателям успешной деятельности организации. Чем выше запросы организации относительно показателей своей деятельности, чем шире области ее деятельности, тем более разнообразно разделение целей по критериям. Существующие международные стандарты семейства ИСО 9000 отражают требования формирования миссии, видения и политики в области качества, предусматривающие достижение этих целей. Классификация целей по критериям наиболее значима для руководства организации, так как именно на их основе проводится построение дерева целей, которое служит ориентиром для руководителей в деле управления организацией, реализации одного из принципов системы менеджмента качества, в формировании стратегии управления и разработки бизнес-планов организации. Корректно сформулированные цели способствуют вовлечению персонала на достижение результативной и эффективной работы при реализации процессного подхода управления системой менеджмента качества. Известно, что результативность и эффективность деятельности организации устанавливает критерии оценки уровня зрелости отдельных процессов. Постоянное улучшение рассматривается как процесс, который должен проектироваться, осуществляться, контролироваться, анализиро-

ваться и оцениваться с точки зрения эффективности. В работе это подтверждено разрабатываемыми процессами на основе модели IDEF0 и применения программы BPWin. Постоянное улучшение системы менеджмента качества на основе инновационных методов управления – это возобновляющаяся, повторяющаяся деятельность для повышения способности удовлетворять требованиям стандартов ИСО 9001.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Сформулированы, обоснованы и классифицированы основные критерии и параметры разработки методов и алгоритмов инновационного обеспечения качеством различных систем.

2. Предложены методы и алгоритмы расчетов, позволяющих решить задачу бизнес-планирования и формирования политики предприятий и организаций на основании требований стандарта ИСО 9001:2008.

3. Предложены аналитические методы прогнозирования состояния систем менеджмента качества; решена задача трендового прогнозирования параметров процессов как применение статистических инструментов качества;

4. Разработаны методы анализа модификации генетического алгоритма для решения задач оптимизации процессного подхода систем менеджмента. Применены генетические алгоритмы, рассматриваемые как процедура поиска.

5. Предложено прогнозирование параметров качества машин, оборудования и систем с использованием нейросетей. Предложен граф вычисления сложной функции, задаваемой с помощью суперпозиции некоторого набора «простых».

6. Разработаны и решены задачи математического программирования в случае инновационного обеспечения систем менеджмента качества, в том числе, задачи нелинейного программирования и многокритериальной оптимизации, а также применения эволюционного программирования.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи в ведущих научных изданиях и журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ:

1. Малышева К.В. Трендовое прогнозирование количественных показателей процессов, как инструмент управления качеством / П.А. Лончих, К.В. Малышева, А.Н. Шулешко // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. № 4 (28). С. 126-131. (0,3 п.л., авторских – 0,2 п.л.).

2. Малышева К.В. Математическое программирование как инструмент управления качеством / П.А. Лончих, К.В. Малышева, В.А. Сентяева // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2007. № 3 (15). С. 33-36. (0,9 п.л., авторских – 0,6 п.л.).

3. Матвеева К.В. Современные алгоритмы оптимизации в задачах управления качеством / П.А. Лончих, К.В. Матвеева // Экономический вестник интеграции : науч.-практ. журнал. М. : Изд-во Интеграция, 2010.

4. Матвеева К.В. Статистическая оценка вероятности безотказной работы для обеспечения качества / Г.М. Берегова, К.В. Матвеева // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. №6 (56). (0,5 п.л., авторских – 0,3 п.л.).

Коллективные монографии:

5. Малышева К.В. Инструменты качества и соответствие критериям качества : монография / К.В. Малышева, А.А. Сапожников, О.К. Слинкова. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2007. 168 с. (10,5 п.л., авторских – 7,3 п.л.).

6. Малышева К.В. Инструменты качества и удовлетворение критериям качества на машиностроительных и строительных предприятиях: монография / К.В. Малышева, А.А. Сапожников, О.К. Слинкова, В.И. Сидоренко. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2008. 168 с. (10,5 п.л., авторских – 5,2 п.л.).

7. Матвеева К.В. Резервы и механизмы повышения качества и конкурентоспособности продукции на основе принципов технического регулирования : монография / А.Н. Шулешко, К.В. Матвеева, С.А. Борюшкина. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2010. 216 с. (13,5 п.л., авторских – 4,5 п.л.).

Статьи, опубликованные в прочих изданиях:

8. Малышева К.В. Управление качеством в автоматизированных производственных процессах : монография / В.Л. Вейц, В.В. Максаров, П.А. Лонcich. Иркутск, 2005. Гл. 2. С. 14-32. (0,2 п.л.).

9. Малышева К.В. Управление качеством в автоматизированных производственных системах / И.М. Головных, П.А. Лонcich, К.В. Малышева // Качество, инновации, образование и CALS-технологии : мат-лы Междунар. симпозиума (г. Хорватия, 2005 г.) М. : Фонд «Качество», 2005. С. 230-233. (0,2 п.л.).

10. Малышева К.В. Управление качеством машиностроительного производства методами структурирования и диагностики на этапе проектирования / П.А. Лонcich, К.В. Малышева // Проблемы механики современных машин : мат-лы третьей Междунар. конф. (г. Улан-Удэ). Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ. 2006. С. 169-173. (0,2 п.л.).

11. Малышева К.В. Применение математического программирования как инструмента повышения качества и оптимизации производства машин / П.А. Лонcich, К.В. Малышева // Проблемы качества машин и их конкурентоспособности : мат-лы шестой Междунар. науч.-техн. конф. (г. Брянск). Брянск : Изд-во БГТУ, 2008. С. 27-30. (0,2 п.л.).

12. Малышева К.В. Проблемы диагностики состояния и развития инструментов качества современных машин и технологий / П.А. Лонcich, К.В. Малышева, С.А. Борюшкина // Проблемы механики современных машин : мат-лы четвертой Междунар. конф. (г. Улан-Удэ). Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2009. С. 264-272. (0,5 п.л.).



10 2